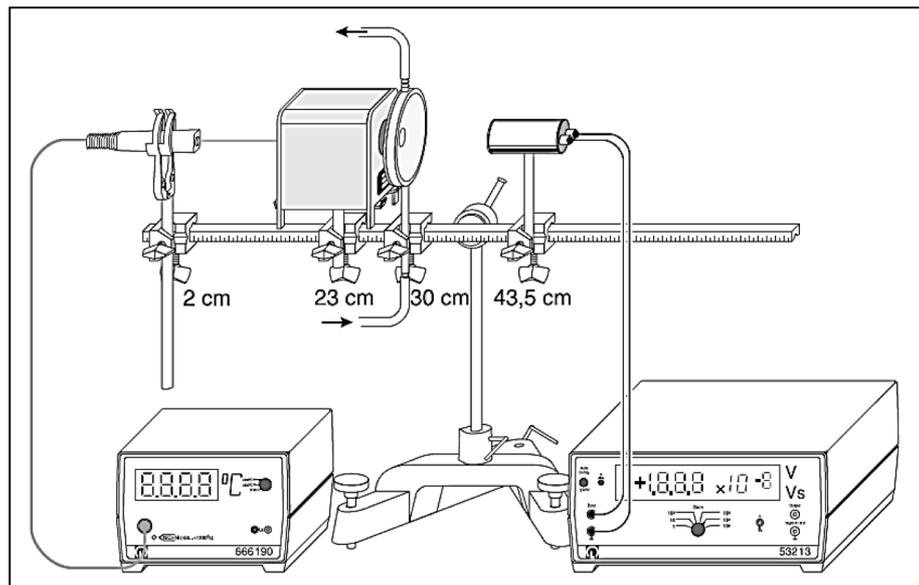


PANDUAN PRAKTIKUM FISIKA EKSPERIMEN IIB

PROGRAM STUDI FISIKA



NAMA MAHASISWA :

NPM :



LABORATORIUM FISIKA EKSPERIMEN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PADJADJARAN, 2016

PENGANTAR

Panduan Praktikum dan Kumpulan Modul Fisika Eksperimen IIB adalah buku panduan yang disusun sebagai pedoman para mahasiswa untuk melakukan praktikum Fisika Eksperimen IIB. Modul-modul yang dimuat dalam panduan ini adalah modul-modul revisi dari modul-modul sebelumnya dari alat-alat yang diterima melalui proyek SUDR maupun melalui Sub Project Management Unit and Professional Skills Development Project (TPSDP), ADB Loan No: 1792-INO. Untuk lebih menyempurnakan isi, Panduan Praktikum ini akan terus dikaji dan apabila diperlukan akan direvisi setiap tahun. Oleh karena itu, diharapkan para asisten memberikan masukan apabila terdapat kekurangan dalam Petunjuk Praktikum dan Kumpulan Modul Praktikum ini.

Tim Dosen Pengampu

Laboratorium Fisika Eksperimen

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI.....	2
PETUNJUK UNTUK MAHASISWA	4
I. Tujuan dan Format Praktikum	4
II. Hal-hal yang Perlu Dikerjakan Sebelum Datang ke Laboratorium.....	5
III. Tata Tertib Praktikum	6
IV. Rancangan Tugas	7
4.1 Format Log Book.....	16
4.2 Format Laporan Praktikum Fisika Eksperimen IIB	18
4.3 Penilaian Praktikum	22
MODUL 1: PERCOBAAN FRANK HERTZ	23
I. Tujuan Percobaan.....	23
II. Teori Dasar.....	23
III. Peralatan yang Digunakan	26
IV. Prosedur Percobaan	26
V. Tugas Pendahuluan.....	27
VI. Tugas Akhir	28
MODUL 2: HUKUM STEFAN BOLTZMANN	29
I. Tujuan Percobaan.....	29
II. Teori Dasar.....	29
III. Peralatan yang Digunakan	30
IV. Prosedur Percobaan	30
V. Tugas Pendahuluan.....	31
VI. Tugas Akhir	31
MODUL 3: RESONANSI ELASTIS GAS.....	33
I. Tujuan Percobaan.....	33
II. Teori Dasar.....	33
III. Peralatan yang Digunakan	34
IV. Prosedur Percobaan	34
V. Tugas Pendahuluan.....	36
II. Tugas Akhir	36
MODUL 4: PERSAMAAN KEADAAN TERMAL DAN TITIK KRITIS.....	37
I. Tujuan Percobaan.....	37
II. Teori Dasar.....	37

III. Peralatan yang Digunakan	40
IV. Prosedur Percobaan	41
V. Tugas Akhir	42
VI. Tugas Akhir	42
MODUL 5: STUDENT PROJECT	43
I. Tujuan Praktikum	43
II. Alat Percobaan	43
III. Tugas Pendahuluan	43
IV. Tugas Akhir	43

PETUNJUK UNTUK MAHASISWA

I. Tujuan dan Format Praktikum

Fisika Eksperimen IIB adalah praktikum yang didesain untuk mahasiswa Fisika semester ke enam. Agar mahasiswa (praktikan) dapat mengikuti praktikum dengan baik, sebelum melakukan praktikum, mahasiswa harus memiliki kemampuan dasar untuk praktikum. Mahasiswa yang tidak memiliki skill dasar untuk praktikum sebelum melakukan praktikum yang lebih kompleks berada dalam kondisi kerugian. Oleh karena itu langkah pertama yang harus dipersiapkan adalah: mengikuti satu persatu praktikum pendahuluan dengan tujuan pengenalan konsep-konsep, alat-alat dan prosedur yang akan digunakan dalam praktikum yang akan diikuti dan melakukan persiapan praktikum sesuai dengan petunjuk praktikum.

Fisika Experimen IIB terdiri dari topik fisika modern. Setiap eksperimen yang didesain membutuhkan tiga jam (150 menit) kegiatan di laboratorium dan enam jam pekerjaan di rumah untuk mendapatkan hasil yang dapat dipresentasikan.

II. Hal-hal yang Perlu Dikerjakan Sebelum Datang ke Laboratorium

Dalam penyelenggaraan Fisika Eksperimen IIB tidak diadakan perkuliahan reguler. Sepintas penjelasan umum mengenai teori yang relevan ditampilkan di dalam panduan laboratorium. Oleh karena itu, di dalam panduan hanya akan ditemukan sepintas intisari dari praktikum dan untuk menggali latar belakang teori mahasiswa harus mencarinya di dalam text book atau referensi lain yang tersedia.

Sebelum memulai eksperimen, mahasiswa harus membaca panduan, text book dan menulis jawaban soal-soal pendahuluan yang diberikan. Dengan mempertimbangkan waktu kerja di laboratorium yang sangat terbatas, disarankan agar mahasiswa merencanakan kerja sebelum praktikum:

1. Membuat daftar tujuan praktikum,
2. Membuat daftar hal-hal yang harus dilakukan dan data yang harus diperoleh pada praktikum,
3. Mengenal alat-alat yang perlu dikalibrasi,
4. Mengerti masalah-masalah khusus yang mungkin dihadapi

Mahasiswa harus mencatat informasi yang cukup mengenai hal-hal yang dilakukan dan data-data yang diperoleh secara lengkap sehingga informasi tersebut dapat dipublikasikan tanpa harus mengulang eksperimen. Catatan eksperimen (Log Book) harus mencantumkan tanggal, diagram, narasi, tabel data mentah, formula, perhitungan, data yang direduksi, analisa kesalahan (error), dan simpulan secara ringkas dan cermat dalam susunan yang rapi.

III. Tata Tertib Praktikum

- 1) Mahasiswa harus hadir sesuai dengan jadwal kelompok masing-masing (**tidak ada** toleransi waktu keterlambatan).
- 2) Mahasiswa harus berpakaian sopan dan rapih. Tidak diperbolehkan memakai sandal, memakai baju tanpa kerah, makan, minum dan merokok di Laboratorium.
- 3) Sebelum melakukan percobaan, pada pertemuan awal, mahasiswa harus merencanakan praktikum yang dikerjakan dengan tulisan tangan dalam **Buku Jurnal (Log Book)** sesuai dengan modul yang telah ditentukan kepada Dosen/Asisten pengawas praktikum. Mahasiswa yang tidak membawa Log Book **tidak** diperbolehkan mengikuti praktikum.
- 4) Mahasiswa harus memeriksakan rangkaian alat praktikum kepada Dosen/Asisten Pengawas sebelum rangkaian dihubungkan dengan sumber tegangan PLN.
- 5) Laporan yang berisi data-data hasil praktikum dan analisa data sementara dikerjakan di Buku Jurnal dan di Acc dan dinilai oleh Dosen/Asisten Pengawas **15 menit** sebelum waktu praktikum berakhir.
- 6) Setelah percobaan selesai, mahasiswa harus melepas stop-kontak dan mengembalikan alat-alat yang telah digunakan pada tempatnya.
- 7) Mahasiswa yang tidak masuk/gagal melakukan praktikum lebih dari **2 modul** (empat kali pertemuan) dianggap mengundurkan diri.
- 8) Pada waktu praktikum berlangsung, mahasiswa tidak diperkenankan keluar Laboratorium tanpa adanya ijin dari Dosen/Asisten pengawas.
- 9) Mahasiswa harus mengumpulkan **Laporan Akhir** sesuai dengan format yang telah ditentukan dengan menggunakan komputer seminggu setelah pertemuan kedua selesai (Pertemuan pertama modul selanjutnya). Mahasiswa yang tidak menyerahkan **Laporan Akhir** dianggap gagal mengikuti modul terkait

Catatan:

Asisten berhak mengeluarkan mahasiswa yang tidak mentaati tata tertib praktikum.

IV. Rancangan Tugas

FORMAT RANCANGAN TUGAS 1

Nama Mata Kuliah : Fisika Eksperimen IIB
SKS : 1 (satu)
Program Studi : Fisika
Fakultas : MIPA
Pertemuan ke : 1 (satu)

A. TUJUAN TUGAS

Mempersiapkan mahasiswa untuk dapat melakukan praktikum

B. URAIAN TUGAS

a. Obyek Garapan: Perencanaan praktikum

b. Batasan yang harus dikerjakan:

1. Membuat rencana penelitian dalam logbook
2. Mempresentasikan kesiapan praktikum

c. Metode/Cara Pengerjaan (acuan cara pengerjaan):

1. Mahasiswa membuat rencana praktikum sesuai modul yang dituliskan dalam logbook. Rencana praktikum ditulis dengan lengkap disertai rencana pengambilan data dalam bentuk tabel yang disertai kesalahan pengukuran/perhitungan (sesatan), set-up alat, metode yang akan digunakan, ukuran langkah pengukuran, urutan percobaan dan menjawab pertanyaan-pertanyaan pendahuluan yang ada dalam modul terkait.
2. Mahasiswa mempresentasikan semua hal penting dari manual dan prosedur praktikum (termasuk konsep set up alat dan pengukuran) saat diskusi pendahuluan.

d. Deskripsi Luaran tugas yang dihasilkan:

1. Logbook
2. Kesiapan praktikum

C. KRITERIA PENILAIAN (20%)

1. Kehadiran dan sikap aktif
2. Perencanaan praktikum (logbook)
3. Pengetahuan dasar untuk memulai praktikum

RUBRIK 1: DISKUSI PENDAHULUAN PRAKTIKUM (20%)					
DIMENSI	Sangat Memuaskan (>80)	Memuaskan (68-80)	Batas (67-56)	Kurang Memuaskan (55-45)	Dibawah Standard (<45)
Kehadiran dan sikap aktif	hadir tepat waktu, aktif dalam diskusi	hadir tepat waktu tetapi kurang aktif dalam diskusi		hadir tepat waktu tetapi tidak aktif dalam diskusi	terlambat datang (diskualifikasi karena keterlambatan)
Perencanaan praktikum (logbook)	menuliskan rencana praktikum dengan lengkap disertai rencana pengambilan data dalam bentuk tabel dan disertai kesalahan pengukuran/perhitungan (sesatan) dalam logbook (set-up, metode yang akan digunakan, ukuran langkah pengukuran, dan urutan percobaan)		kurang lengkap dalam menuliskan rencana praktikum dalam logbook (mis: tidak ada rencana pengambilan data dalam bentuk tabel dan disertai kesalahan pengukuran/perhitungan (sesatan) dll)		tidak menuliskan rencana praktikum dalam logbook
Pengetahuan dasar untuk memulai praktikum	mengetahui semua hal penting dari manual dan prosedur praktikum (termasuk konsep set up alat dan pengukuran)	memiliki beberapa kekurangan pengetahuan, tetapi selama diskusi dalam pendahuluan kekurangannya dapat dihilangkan.	memiliki kekurangan pengetahuan , namun percobaan dapat dilakukan (mungkin karena beberapa tindakan tambahan seperti membaca di perpustakaan untuk 1-2 jam)		memiliki kekurangan pengetahuan yang signifikan sehingga semua bagian dari percobaan dinilai dengan poin 0 (Mahasiswa tidak hadir dalam diskusi pendahuluan)

FORMAT RANCANGAN TUGAS 2

Nama Mata Kuliah : Fisika Eksperimen IIB
SKS : 1 (satu)
Program Studi : Fisika
Fakultas : MIPA
Pertemuan ke : 2 (dua)

A. TUJUAN TUGAS

Mahasiswa mampu melakukan praktikum fisika sesuai modul yang ditentukan dengan rapi dan tertib.

B. URAIAN TUGAS

a. Obyek Garapan

Praktikum

b. Batasan yang harus dikerjakan

Melakukan praktikum sesuai modul yang ditentukan.

c. Metode/Cara Pengerjaan (acuan cara pengerjaan):

1. Mahasiswa melakukan praktikum sesuai prosedur dalam petunjuk praktikum dengan rapi dan tertib
2. Mahasiswa mencatat data yang diperoleh sesuai prosedur praktikum dan mencatat semua kejadian selama pengambilan data yang diperkirakan dapat mempengaruhi data maupun validasinya dengan lengkap.

d. Deskripsi Luaran tugas yang dihasilkan

Logbook

C. KRITERIA PENILAIAN (30%)

1. Kemampuan menggunakan alat, membaca data dan management waktu
2. Kelengkapan dan kualitas data praktikum (logbook)
3. Ketertiban dan kerapihan

RUBRIK 2: PELAKSANAAN PRAKTIKUM (30%)					
DIMENSI	Sangat Memuaskan (>80)	Memuaskan (68-80)	Batas (67-56)	Kurang Memuaskan (55-45)	Dibawah Standard (<45)
Kemampuan menggunakan alat, membaca data dan management waktu	praktikum dilakukan tanpa bantuan asisten dan tidak ada kerusakan dari komponen alat	Setidaknya satu intervensi dari tutor dibutuhkan untuk menyelesaikan praktikum (tanpa adanya kerusakan dari komponen alat)	Bantuan asisten dibutuhkan untuk menyelesaikan praktikum		praktikum tidak dilakukan sama sekali atau tidak selesai sesuai waktu yang ditentukan tanpa alasan yang jelas.
Kelengkapan dan kualitas data praktikum (logbook)	Data praktikum (dan sesatannya) serta kejadian-kejadian saat praktikum dicatat dengan lengkap di dalam logbook	Hanya mencatat data praktikum dan sesatannya		Hanya mencatat data praktikum tanpa menuliskan data sesatannya	
Ketertiban dan kerapihan	Setelah praktikum meja dan alat-alat praktikum rapi dan bersih . Semua alat listrik dalam keadaan mati (off)				Setelah praktikum meja dan alat-alat praktikum tidak rapi atau tidak bersih . Salah satu alat listrik dalam keadaan hidup (on)

FORMAT RANCANGAN TUGAS 3

Nama Mata Kuliah : Fisika Eksperimen IIB
SKS : 1 (satu)
Program Studi : Fisika
Fakultas : MIPA
Pertemuan ke : 3 (tiga)

A. TUJUAN TUGAS

Mahasiswa mampu membuat laporan praktikum dengan detil dan jelas dan mahasiswa dapat mempresentasikan hasil praktikum dengan tepat.

B. URAIAN TUGAS

a. Obyek Garapan

Laporan praktikum dan presentasi hasil praktikum

b. Batasan yang harus dikerjakan

- Mahasiswa membuat laporan praktikum.
- Mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum

c. Metode/Cara Pengerjaan (acuan cara pengerjaan)

Laporan praktikum adalah analisis detil praktikum. Laporan praktikum harus tepat dan jelas, maksimum 20 halaman. Laporan praktikum terdiri dari:

1. Tujuan pengukuran (sekitar 1 halaman)
2. Konsep set up dan pengukuran (gambar set up alat dan teknik pengukuran)
3. Analisa hasil pengukuran dengan visualisasi plot yang cukup baik
4. Perhitungan error pengukuran
5. Diskusi yang tepat dan evaluasi hasil, jika dapat dibandingkan dengan nilai literatur dan diskusi deviasi

Setiap mahasiswa harus mengumpulkan laporan praktikum secara individual. Bila ditulis hanya satu laporan maka semua mahasiswa akan mendapatkan

nilai yang sama (50% nilai laporan akhir). Laporan dikirimkan paling lambat satu minggu setelah pengambilan data.

d. Deskripsi luaran tugas yang dihasilkan

1. Laporan praktikum
2. Kemampuan mempresentasikan hasil praktikum

C. KRITERIA PENILAIAN

1. Laporan Praktikum (30%)

- Ketepatan waktu pengumpulan laporan
- Ketepatan format laporan
- Metode
- Hasil dan Diskusi: Jumlah dan kualitas data serta penyajian data dalam laporan
- Simpulan
- Originalitas

2. Diskusi Akhir Praktikum (20%)

- Sistematika penjelasan seluruh rangkaian praktikum yang sudah dilakukan.
- Pemikiran pendekatan tujuan praktikum, analisis data secara kritis dan pengambilan simpulan yang akurat, mengerti kesalahan data.

RUBRIK 3: LAPORAN PRAKTIKUM (30%)					
DIMENSI	Sangat Memuaskan (>80)	Memuaskan (68-80)	Batas (67-56)	Kurang Memuaskan (55-45)	Dibawah Standard (<45)
Ketepatan waktu pengumpulan laporan	Laporan dikumpulkan tepat waktu atau sebelum waktu pengumpulan (paling lambat satu minggu setelah praktikum dilaksanakan)		Laporan dikumpulkan terlambat 1 (satu) hari dari waktu yang ditentukan	Pengumpulan laporan terlambat sebelum dua minggu praktikum tanpa alasan yang jelas	Pengumpulan laporan terlambat setelah dua minggu praktikum tanpa alasan yang jelas
Ketepatan format laporan	Sesuai format (template) yang ditentukan (Judul, Abstrak, Pendahuluan, Metode Praktikum, Hasil dan Diskusi, Simpulan)				Tidak mengikuti format yang ditentukan
Metode	Metode ditulis dengan kalimat yang dibuat sendiri (tidak ada pengulangan penjelasan dari petunjuk praktikum)		Petunjuk praktikum diulang dalam laporan		
Hasil dan Diskusi: Jumlah dan kualitas data serta penyajian data dalam laporan	jumlah data yang disajikan sesuai dengan petunjuk praktikum (tidak terdapat pengulangan data atau informasi dalam laporan)	ditemukan 1-2 pengulangan data dalam laporan	Terdapat beberapa kesalahan (misalnya: penjelasan tepat, kesalahan perhitungan, angka/gambar yang tidak lengkap atau kurang informatif)	Mengandung kesalahan besar (kesalahan isi dan format yang sangat tidak teratur)	Tidak ada perhitungan kesalahan pengukuran, bagian-bagian penting dari percobaan hilang .
	data disajikan dengan benar dan lengkap dalam bentuk tabel atau grafik sesuai standar publikasi ilmiah				
	Analisa hasil pengukuran dengan visualisasi plot yang cukup baik				
Simpulan	Point-point penting dalam praktikum ditulis dengan jelas				Tidak menuliskan point-point penting dalam simpulan laporan praktikum
Originalitas	Laporan dibuat sendiri dan tidak terdapat unsur plagiasi				Isi laporan merupakan copy-paste dari laporan terdahulu

RUBRIK 4: DISKUSI AKHIR PRAKTIKUM (20%)					
DIMENSI	Sangat Memuaskan (>80)	Memuaskan (68-80)	Batas (67-56)	Kurang Memuaskan (55-45)	Dibawah Standard (<45)
Presentasi	Dapat menjelaskan seluruh rangkaian praktikum yang sudah dilakukannya dengan sistematis		Dapat menjelaskan seluruh rangkaian praktikum yang sudah dilakukannya dengan kurang sistematis		Dapat menjelaskan seluruh rangkaian praktikum yang sudah dilakukannya dengan tidak sistematis
Tanya-jawab	Pemikiran pendekatan tujuan praktikum, analisis data secara kritis dan pengambilan simpulan yang akurat , mengerti kesalahan data		Pemikiran pendekatan tujuan praktikum, analisis data tidak kritis dan pengambilan simpulan yang kurang akurat , tetapi mengerti kesalahan data		Pemikiran pendekatan tujuan praktikum, analisis data tidak kritis dan pengambilan simpulan yang kurang akurat , dan tidak mengerti kesalahan data

4.1 Format Log Book

Log Book ditulis dalam buku *Campus* diberi Nama, NPM, Partner & NPM Partner, Jadwal Praktikum dan disampul seragam.

Log Book	
Fisika Eksperimen IIB	
Nama	:
NPM	:
Partner	:
NPM	:
Jadwal Praktikum	:
	
Laboratorium Fisika Eksperimen	
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	
Universitas Padjadjaran	
2016	

Isi Log Book

Judul Praktikum :

Hari/Tanggal :

I. Latar Belakang

II. Tujuan Percobaan

Kolom Uraian (I & II) dicantumkan point-point penting yang berhubungan dengan praktikum modul yang bersangkutan.

- III. Teori Dasar dan Rumus yang Digunakan** dicantumkan konsep dasar, hukum-hukum fisika dan rumus yang digunakan
- IV. Tugas Pendahuluan** diisi dengan jawaban tugas pendahuluan yang terdapat pada modul yang bersangkutan, tanpa dibatasi jumlah halamannya
- V. Prosedur Percobaan** urutan Prosedur Percobaan, Skema Rangkaian Alat dan Kalibrasi Alat dengan menggunakan kalimat aktif
- VI. Data dan Analisa Sementara** data-data hasil pengukuran dalam percobaan sesuai dengan Prosedur Percobaan termasuk Data Kalibrasi dan Konversi. Analisa data yang diperoleh selama praktikum sesuai dengan urutan Prosedur Percobaan

15 menit **sebelum** waktu praktikum selesai, mahasiswa wajib menyerahkan Log Book masing-masing kepada Asisten yang bersangkutan.

4.2 Format Laporan Praktikum Fisika Eksperimen IIB

JUDUL PRAKTIKUM

Nama mahasiswa (NPM)

Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Padjadjaran

Tanggal Penyerahan Laporan Akhir

Abstrak

Kami menampilkan contoh penulisan laporan Praktikum Fisika Eksperimen IIB dalam bentuk paper. Proses penulisan laporan diharuskan menggunakan format yang telah ditentukan. Hal ini merupakan upaya kami selaku tim dosen dalam mensosialisasikan dan membiasakan mahasiswa menulis paper dengan format yang biasa dipakai dalam paper-paper dan jurnal-jurnal ilmiah. Laporan dalam bentuk paper ini dikerjakan secara individu dan harus memperlihatkan penguasaan materi mahasiswa dalam eksperimen yang telah dilakukannya. Proses penulisan harus menggunakan tata bahasa Indonesia yang baik dan benar. Bagian **abstrak** merupakan hal yang sangat penting dan harus menjelaskan secara singkat **motivasi**, **metoda eksperimen** serta hal yang sangat penting yaitu **hasil kuantitatif** dari eksperimen yang disertai dengan **error**. Berdasarkan hal diatas maka dibuat kesimpulan. Panjang tulisan diharapkan tidak melebihi 5 lembar A4 bolak-balik (10 halaman).

I. Pendahuluan

1.1 Penulisan Paper dalam Komunitas Fisika

Bagian yang cukup penting dalam pendidikan dikalangan peneliti (*scientist*) adalah belajar untuk menggunakan perangkat standar dalam mempublikasikan hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam laboratorium Fisika Eksperimen IIB, kami berusaha membiasakan para mahasiswa untuk mengungkapkan hasil percobaan mahasiswa dalam bentuk paper. Contoh paper ini sebaiknya digunakan oleh para mahasiswa.

Bagian pendahuluan harus dapat menjelaskan secara singkat, padat dan jelas **motivasi, maksud** dan **tujuan** penulisan serta **latar belakang** masalah dari eksperimen yang dilakukan.

1.2 Beberapa Petunjuk Penulisan Paper yang Baik

Hal yang paling penting dalam eksploitasi atau publikasi hasil penelitian dalam bentuk tulisan adalah komunikasi penulis agar dapat memberikan pemahaman yang baik bagi para pembacanya. Komunikasi penulisan yang dimaksud adalah tulisan dapat menggambarkan secara ringkas, padat dan jelas serta mengandung unsur/fakta penting dalam materi yang dibahas. Pada kenyataannya kebanyakan orang kesulitan dalam menuliskan bagian mana yang terpenting untuk dipresentasikan. Dua hal yang dapat digunakan untuk pencapaian pemahaman pada para pembaca adalah,

1. Teratur: dengan penulisan yang teratur dan memiliki skema atau alur yang baik, sehingga para pembaca mendapatkan gambaran mengenai percobaan yang dilakukan. Selain itu para pembaca pun dapat mengetahui dan menandai bagian-bagian mana saja yang merupakan unsur terpenting.
2. Mempresentasikan keseluruhan hasil praktikum: berusaha untuk membuat para pembaca lebih mudah memahami dan secara tidak langsung menggali pemikiran dan membuka wawasan atau pengetahuan pembaca. Penulis harus memberikan batasan proporsi manakah yang penting sehingga dapat didiskusikan pada tiap topiknya.

II. Teori Dasar

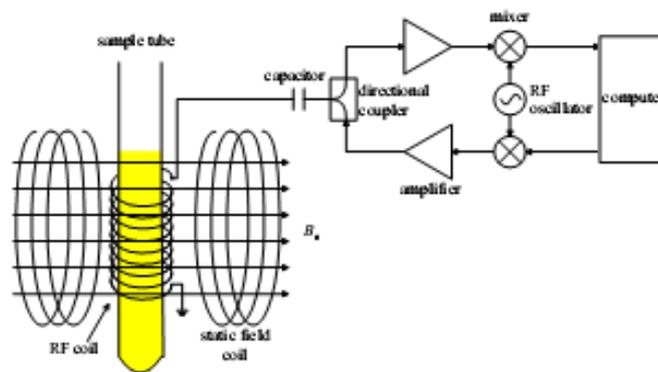
Penulisan teori dasar pada makalah ataupun jurnal dan paper tidak terlalu panjang lebar. Teori yang dituliskan sebaiknya **lebih ringkas** dan **langsung menjurus** pada eksperimen/percobaan yang dilakukan.

III. Percobaan

3.1 Alat dan Bahan

Bagian ini menjelaskan komponen-komponen utama dari peralatan dan bahan yang digunakan dalam eksperimen. Tentu saja dilengkapi dengan

skema/gambar susunan alat percobaan, beserta nomor dan keterangan gambar. Gambar 1 memperlihatkan contoh skema/gambar rangkaian alat dalam eksperimen.



Gambar 1. Susunan alat percobaan x

3.2 Metode Eksperimen

Metode eksperimen menjelaskan **proses** pengambilan data dilengkapi dengan langkah-langkahnya, data apa saja yang diambil, dihitung dan ditentukan.

IV. Data dan Analisis

4.1 Data Percobaan

Pada bagian ini, diperlihatkan sebagian data percobaan dalam bentuk tabel yang diambil pada saat praktikum. Data percobaan yang ditampilkan tidak perlu seluruhnya. Tabel 1 merupakan contoh data yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Contoh data dalam bentuk tabel

	r_c (Å)	r_0 (Å)	κr_0		r_c (Å)	r_0 (Å)	κr_0
Cu	0.800	14.10	2.550	Sn ^a	0.680	1.870	3.700
Ag	0.990	15.90	2.710	Pb ^a	0.450	1.930	3.760
Tl	0.480	18.90	3.550				

4.2 Analisis Data

Setiap paper harus menampilkan setidaknya satu **grafik** yang merupakan **hasil dari pemrosesan data** pada percobaan yang telah dilakukan. Pada bahasan ini diterangkan pula bagaimana proses penentuan besaran yang dicari dari data yang

diambil pada tiap percobaan (kerangka pemikiran), dengan hasil perhitungan data dibuat dalam bentuk tabel.

V. Simpulan

Bagian simpulan melaporkan **hasil keseluruhan percobaan** yang berupa hasil perhitungan kuantitatif lengkap dengan unit satuan dan simpulan apakah hasil yang didapat sesuai dengan teori yang ada.

Daftar Pustaka

Penulisan daftar pustaka mengikuti standar sebagai berikut:

Pustaka dari artikel:

- [1] J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, The art of writing a scientific article, J. Sci. Commun. 163 (2000) 51-59.

Pustaka dari buku:

- [2] W. Strunk Jr., E.B. White, The Elements of Style, third ed., Macmillan, New York, 1979.

Pustaka dari suatu bab buku dalam editan buku:

- [3] G. R. Mettam, L. B. Adams, How to prepare an electronic version of your article, in: B. S. Jones, R. Z. Smith (Eds.), Introduction to the Electronic Age, E-Publishing Inc., New York, 1999, pp. 281-304.

Pustaka dari Patent:

- [5] P. G. Clem, M. Rodriguez, J. A. Voigt and C. S. Ashley, U. S. Patent 6,231,666. (2001)

Pustaka dari link internet:

- [6] Information on <http://www.weld.labs.gov.cn> diakses tanggal.....

4.3 Penilaian Praktikum

Penilaian praktikum untuk semua modul dilakukan berdasarkan komponen sebagai berikut:

No	Aktivitas	Komponen Penilaian	%
1	Diskusi pendahuluan praktikum	Kehadiran dan sikap aktif, perencanaan praktikum (logbook) dan pengetahuan dasar untuk memulai praktikum	20
2	Pelaksanaan praktikum	Kemampuan menggunakan alat, membaca data dan management waktu; kelengkapan dan kualitas data praktikum (logbook); ketertiban dan kerapihan praktikum	30
3	Pelaporan praktikum	Ketepatan waktu pengumpulan laporan, ketepatan format laporan, isi laporan dan plagiasi	30
4	Diskusi akhir praktikum	Presentasi dan tanya jawab	20
Jumlah			100

MODUL 1: PERCOBAAN FRANK HERTZ

Topik terkait:

Kuantum energi, tumbukan elektron dan eksitasi energi

Prinsip eksperimen:

Elektron dipercepat dalam sebuah tabung yang berisi gas merkuri. Eksitasi energi merkuri dinyatakan dari jarak antara equidistant minima arus elektron dalam variabel medan listrik berlawanan arah.

I. Tujuan Percobaan

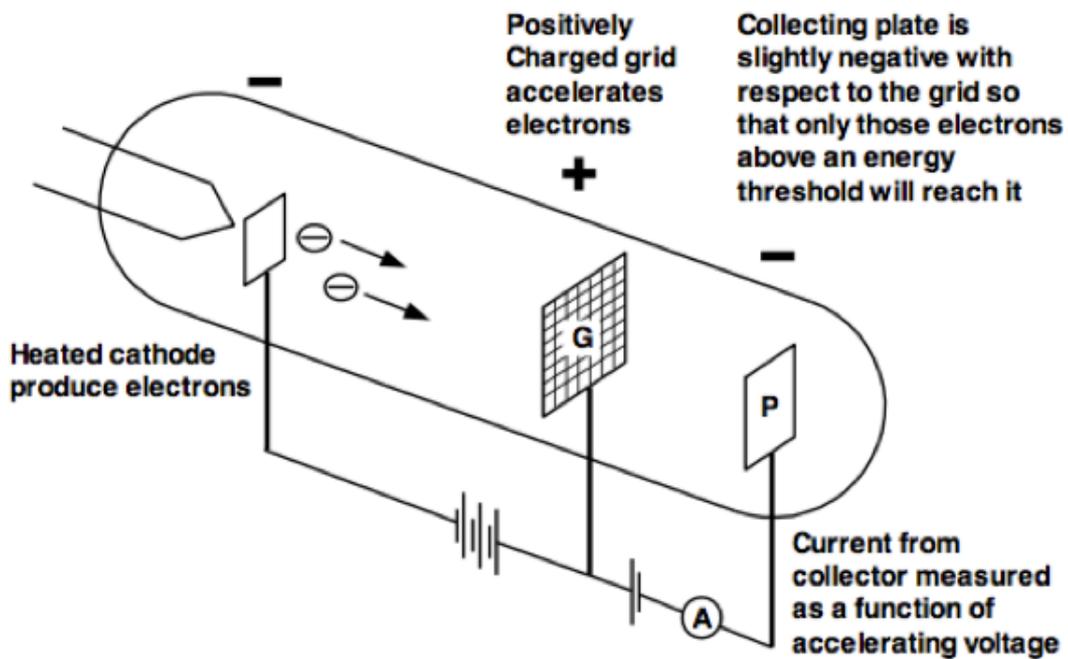
1. Memahami prinsip eksitasi atom dari model atom Bohr
2. Memahami munculnya eksitasi atom melalui peristiwa tumbukan elastik dan inelastik.
3. Memahami proses percobaan Franck-Hertz.
4. Menunjukkan kebenaran teori kuantum bahwa energi elektron atom terkuantisasi.
5. Menentukan tegangan eksitasi atom merkuri.

II. Teori Dasar

Terdapat dua mekanisme utama yang dapat mengeksitasikan sebuah atom ke tingkat energi di atas tingkat dasar, sehingga menyebabkan atom tersebut memancarkan radiasi. Salah satu mekanisme ialah melalui tumbukan dengan partikel lain, sehingga sebagian energi kinetik partikel penumbuk diserap oleh atom. Atom yang tereksitasi melalui tumbukan ini akan kembali ke tingkat dasar dalam waktu rata-rata 10 detik dengan memancarkan foton. Kondisi tereksitasi ini dapat terjadi misalnya dalam tabung lucutan muatan listrik (*discharge tube*) dalam gas bertekanan rendah, yaitu atom suatu unsur tertentu ditumbuk oleh elektron yang sedang bergerak dari katoda ke anoda. Pada proses ini, gerak elektron dipercepat oleh kehadiran medan magnet eksternal sampai energi kinetiknya mampu mengeksitasikan atom ketika terjadi tumbukan. Tumbukan ini dapat menyebabkan pindahnya energi kinetik elektron ke atom (tumbukan tak elastik).

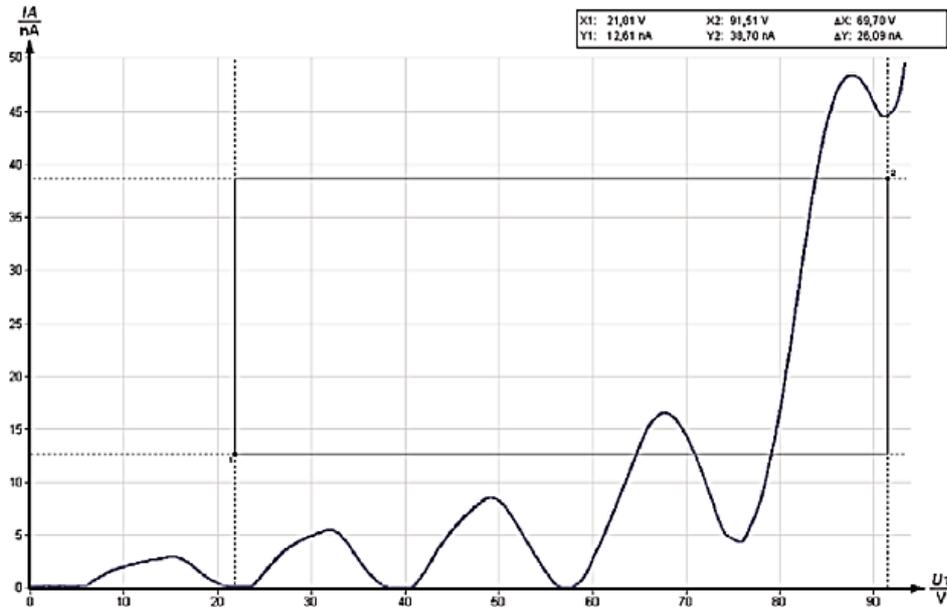
Contoh yang biasa dijumpai adalah lampu merkuri (Hg). Dalam lampu merkuri, mekanisme medan listrik kuat yang terpasang di antara elektoda dalam tabung berisi gas menimbulkan emisi radiasi spektral karakteristik dari gas tersebut, yaitu berwarna kebiru-biruan untuk Hg. Potensial henti U_2 dipasang antara kisi G dan keping pengumpul (P) (Gambar 1) sehingga setiap elektron yang mempunyai energi lebih besar dari harga minimum tertentu memberikan kontribusi pada arus IA yang melalui amperemeter. Saat potensial pemercepat U_1 (yang dipasang antar katoda dan kisi) bertambah, elektron yang datang pada keping juga bertambah sehingga arus listrik IA juga meningkat. Dalam tabung, tekanan udara relatif lebih rendah dari tekanan lingkungan (laboratorium), sehingga elektron dalam tabung dapat menumbuk atom Hg tanpa kehilangan energi. Dengan kata lain, tumbukan pada tabung bersifat elastik (lenting sempurna). Satu-satunya mekanisme agar elektron kehilangan energinya setelah tumbukan ialah besar energi elektron penumbuk telah mencapai harga tertentu yang menyebabkan atom Hg melakukan transisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi.

Berdasarkan percobaan Franck-Hertz, saat energi elektron telah melampaui harga A eV, elektron kemudian menumbuk Hg secara inelastik sehingga energinya diserap oleh atom Hg (yang kini berada dalam keadaan tereksitasi) tersebut dengan besar energi yang sama dan elektron penumbuk tersebut terpantul dengan energi yang kecil. Dengan kata lain, pada saat energi telah melampaui A eV, arus pada keping akan menurun. Seiring pembesaran harga potensial pemercepat arus pada keping akan kembali membesar dan menurun kembali seperti peristiwa di atas yaitu pada saat energi sebesar $2A$ eV dan $3A$ eV.



Gambar 1. Skema prinsip percobaan Frank Hertz. G adalah kisi, P adalah keping pengumpul.

Pada saat potensial pemercepat U_1 kembali dinaikan hingga $2 A V$, elektron kembali menumbuk atom secara inelastik dan mengakibatkan atom kembali tereksitasi, sehingga elektron hasil tumbukan tersebut kembali kehilangan energi sebesar $A eV$. Pada saat (V) $3A V$ maupun kelipatan $A V$ lainnya maka mekanisme serupa akan kembali terjadi. Contoh kurva Frank Hertz Hg yang direkam pada $175^\circ C$ dan $U_2 = 2V$ dimuat dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Kurva Frank Hertz yang direkam pada $T = 175\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $U_2 = 2\text{ V}$

III. Peralatan yang Digunakan

1. Franck-Hertz Control Unit
2. Tabung Franck -Hertz berisi Hg (mercury) dilengkapi dengan oven
3. Osiloskop
4. Komputer (jika memungkinkan)

IV. Prosedur Percobaan

1. Susunlah alat-alat pada percobaan Franck-Hertz seperti pada **Gambar 3**.
2. Kalibrasi oscilloscope
3. Hidupkan Control Unit (CU) dengan menekan switch on/off yang terletak di bagian belakang CU
4. Set parameter-parameter di bawah ini dengan memutar rotary switch :
 - Suhu atomisasi (T_{nominal}) = 175°C
 - Tegangan pemercepat (U_1) = 30 V
 - Tegangan henti (U_2) = 1 V

5. Panaskan oven dengan menekan tombol No. 4 pada CU dan atur pemanasan hingga mencapai T_{nominal} dengan memutar saklar putar pada bagian bawah oven (max Skala 7)



Gambar 3. Susunan Alat Frank – Hertz Experiment

6. Setelah suhu mencapai T_{nominal} ($175\text{ }^{\circ}\text{C}$), tunggu 15 – 30 menit. Setelah LED indikator tidak berkedip, tekan tombol No. 5 pada CU untuk mulai pengukuran.
7. Plot grafik yang ditampilkan oscilloscope pada milimeter blok.
8. Tentukan U_1 (Sumbu-x) dan IA (Sumbu-y) dari grafik yang diperoleh.
9. Ulangi prosedur 4 – 8 dengan memvariasikan $U_1 = 35\text{V}$ & 40V dengan $U_2 = 1,5\text{V}$ & 2V .

V. Tugas Pendahuluan

1. Sebutkan dan jelaskan postulat Bohr.
2. Turunkan persamaan tingkat energi atom menurut Bohr.
3. Sebutkan dan jelaskan beberapa sifat fisik dari Hg (nomor atom, nomor massa, konfigurasi atomnya, titik didih dan titik leleh).

4. Sebagai unsur yang ditumbuk mengapa pada percobaan Franck-Hertz digunakan Hg, tidak menggunakan hidrogen.
5. Bawalah kertas grafik milimeter blok sebanyak 3 lembar.

VI. Tugas Akhir

1. Gambarkan grafik Franck –Hertz yang tertera pada osiloskop untuk masing-masing set parameter.
2. Tentukan tegangan kritisnya.
3. Tentukan potensial eksitasi Hg dari hasil percobaan.
4. Bandingkan energi eksitasi dari hasil eksperimen dan dari perhitungan menurut teori dengan menggunakan pendekatan Bohr.
5. Apa yang bisa anda ungkapkan setelah melakukan percobaan Franck-Hertz

MODUL 2: HUKUM STEFAN BOLTZMANN

Topik terkait:

Energi pada tingkat partikel dengan temperatur yang teramati pada tingkat makroskopik.

Prinsip eksperimen:

Setiap benda meradiasikan panas. Intensitas eksitasi elektromagnetik secara termal ini meningkat dengan temperatur benda hitam dan juga bergantung pada permukaan benda hitam.

I. Tujuan Percobaan

1. Memahami teori radiasi Stefan Boltzman (black body).
2. Menentukan konstanta Stefan Boltzman.
3. Menentukan konstanta emisifitas.

II. Teori Dasar

Hukum radiasi benda hitam atau Stefan Boltzmann menerangkan bahwa emisi (pancaran) total radiasi benda hitam, yaitu energi radiasi total yang terpancarkan suatu benda hitam pada luas permukaan yang terkena radiasi benda hitam tiap satuan waktu adalah sebanding dengan T^4 .

Dinding bagian dalam benda hitam pada oven tabung pemanas listrik yang digunakan adalah sebagai benda hitam, dan radiasi yang terpancarkan melalui termokopel dapat terlihat suhu dari benda hitamnya.

Jika temperatur termokopel absolut, maka tegangan keluaran (output) akan sebanding dengan energi radiasi yang terjadi setiap satuan waktu. Oleh karena itu, dimulai dari suhu kamar bahwa tegangan output yang terukur adalah konstan dan relatif kecil, yaitu :

$$V_{\text{termal}} \sim T^4 - T_0^4$$

dengan

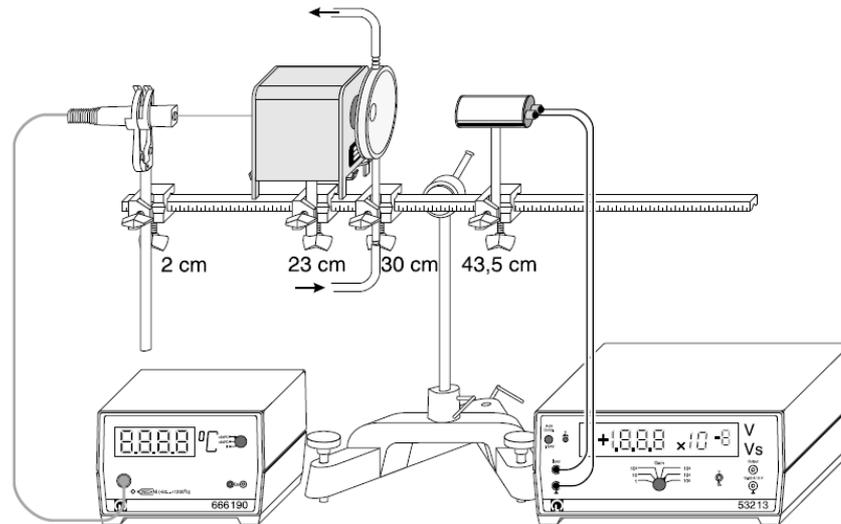
- T_{termal} : tegangan output dari termokopel
 T^4 : temperatur alat radiasi benda hitam
 T_0^4 : temperatur kamar

III. Peralatan yang Digunakan

1. Bangku Optikal
2. Termokofel Mall
3. Mikrovoltmeter
4. Tabung Oven
5. Meja Tabung Oven
6. Perlengkapan Benda Hitam (Black Body)
7. Probe Suhu (temperatur)
8. Alat Ukur Suhu Digital
9. Biks Penghubung Junction
10. Statif yang besar
11. Multiclamp 4 buah
12. Kabel Penghubung (kuning) 2 buah (@ 1 meter)
13. Clamp (jepitan) bunsen
14. Diapragma pinhall

IV. Prosedur Percobaan

1. Susunlah alat-alat seperti pada **Gambar 1**, dan terlebih dulu **periksakan susunan alat-alat pada asisten sebelum disambungkan pada sumber tegangan PLN 220 volt.**
2. Ukurlah suhu ruangan tempat percobaan dan luas luas pinhall
3. Kalibrasi mikrovoltmeter
4. Setelah diperiksa pada asisten barulah alat-alat dihubungkan pada sumber PLN.
5. Catat tegangan pada mikrovoltmeter sebagai tegangan awal. Biarkan pemanasan alat benda hitam selama 5 menit supaya panasnya tetap stabil. Ukur suhu dan tegangan setelah 5 menit tersebut.
6. Untuk setiap kenaikan suhu, catatlah kenaikan tegangan yang ditunjukkan mikrovoltmeter hingga suhu benda hitam mencapai 400°C.



Gambar 1 Susunan alat penentuan radiasi benda hitam

7. Lakukan percobaan di atas untuk jarak oven dan termokopel mall yang berbeda.

V. Tugas Pendahuluan

1. Apa perbedaan antara konstanta radiasi benda hitam (konstanta Stefan Boltzmann) dengan konstanta Boltzmann(k_B)?
2. Adakah hubungan antara keduanya? Jelaskan.

VI. Tugas Akhir

1. Konversikan tegangan yang ditunjukkan mikrovolt meter ke dalam daya dengan faktor konversi $k = 1/1,16$ Watt/Volt!
2. Dari data yang diperoleh, hitunglah konstanta stefan boltzman.
 - a. Buatlah grafik ΔP terhadap $(T^4 - T_0^4)$.
 - b. Hitunglah konstanta boltzman berdasarkan grafik.
 - c. Bandingkan hasil No. 2 dan No. 3 dengan literature. Hitung kesalahan relatifnya.

3. Dengan menggunakan konstanta stefan boltzman literatur, hitung ΔP untuk setiap kenaikan suhu. Bandingkan dengan ΔP percobaan, hitung emisifitas benda hitam.

MODUL 3: RESONANSI ELASTIS GAS

I. Tujuan Percobaan

Menentukan konstanta perbandingan panas jenis C_p dan C_v gas (konstanta γ).

II. Teori Dasar

Nilai perbandingan panas jenis C_p dan C_v untuk gas dapat ditentukan berdasarkan peralatan resonansi elastis gas. Untuk tujuan ini, piston magnetik dimasukkan ke dalam tabung gelas yang berisi gas tertentu. Dengan memberikan medan magnet listrik yang sesuai, maka piston magnet akan bergerak pada suatu kolom gas, sedemikian hingga gas beresonansi, dimana gas ditekan dan dimuaikan secara periodik dalam keadaan adiabatik. Sistem ini dapat diasumsikan sebagai osilasi massa m dari suatu pegas elastis gas.

Apabila frekuensi medan listrik sama dengan frekuensi alamiah dari osilasi pegas gas tersebut, maka akan terjadi osilasi harmonis kontinue dengan amplitudo yang maksimum. Periode osilasi ini akan memenuhi persamaan:

$$T = \frac{2\pi}{A} \sqrt{\frac{mV}{\gamma P}} \quad (1)$$

dengan

- T = periode osilasi pegas
- A = luas penampang kolom gas
- m = massa piston magnetik
- P = tekanan gas
- $\gamma = C_p / C_v$.

Berdasarkan Persamaan (1) variabel T, A, m, V dan P dapat diukur sehingga nilai γ dapat ditentukan dengan metode percobaan yang didasarkan atas :

1. Metode 1 : T = f(V); m, P konstan
2. Metode 2 : T = f(m); V, P konstan
3. Metode 3 : T = f(P); m, V konstan

III. Peralatan yang Digunakan

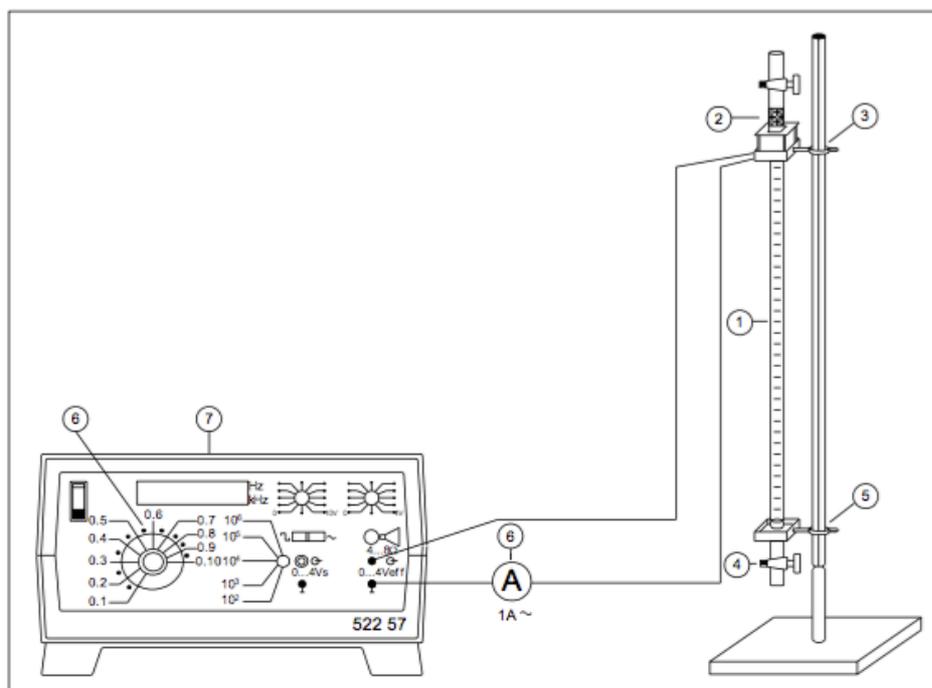
1. Tabung gelas berskala dilengkapi pemegang tabung, kran pembuka/penutup

tabung dan statif.

2. Piston magnetik
3. Kumaran dan pemegangannya
4. Osiloskop RC
5. Amperemeter dan kabel-kabel penghubung
6. Pembersih tabung dan piston magnetik
7. Beberapa jenis gas dan peralatan untuk memasukkan gas ke dalam tabung.

IV. Prosedur Percobaan

4.1 Rangkaian Peralatan



Gambar 1. Rangkaian peralatan percobaan resonansi elastis gas

Keterangan gambar:

- ① Tabung gelas berskala,
- ② Piston magnetik
- ③ Kumaran dan pemegangnya
- ④ Kran pembuka/penutup tabung

- ⑤ Pemegang tabung dan karet penutup tabung
- ⑥ Amperemeter
- ⑦ Osilator RC
- ⑧ Knob pengatur frekuensi

4.2 Persiapan

1. Bersihkan tabung gelas dan piston magnetik menggunakan peralatan yang tersedia.
2. Bersihkan kran pembuka/penutup tabung dan olesi dengan silikon gel sehingga mudah diputar.
3. Rangkaikan peralatan percobaan sesuai dengan **Gambar 1**.
4. (Mintalah asisten untuk memeriksa rangkaian terlebih dahulu)

4.3 Pengamatan dan Pengukuran

(Bacalah petunjuk di bawah ini, kemudian rancanglah terlebih dahulu sebuah tabel untuk memuat semua data yang akan diamati dan diukur).

Dalam percobaan ini akan dilakukan dua metode pengamatan dan pengukuran, yaitu Metode 1 dan Metode 2.

4.3.1 Metode 1

1. Masukkan satu buah piston magnetik ke dalam tabung dengan hati-hati (posisi kedua kran pembuka/penutup tabung dalam kondisi terbuka).
2. Posisikan piston magnetik pada skala 70, menggunakan alat pendorong, kemudian tutuplah kedua kran tersebut.
3. Letakkan kumparan sedemikian hingga ujung bawah piston bersesuaian dengan ujung atas kumparan.
4. Hidupkan osilator RC, dan aturlah frekuensinya sehingga diperoleh osilasi dengan amplitudo yang maksimum. Catatlah harga frekuensi tersebut!
5. Lakukan langkah a, b, c, dan d untuk variasi posisi piston yang berbeda. (Minimal 6 variasi).
6. Lakukan minimal 3 kali percobaan untuk masing-masing volume.
7. Lakukan percobaan b s/d f untuk dengan jumlah piston yang berbeda.

4.3.2 Metode 2

Lakukan langkah-langkah pada metode 1 untuk posisi tabung horizontal.

4.4 Perhitungan

Konstanta perbandingan panas jenis gas C_p dan C_v ditentukan berdasarkan persamaan (1). Beberapa nilai parameter yang digunakan adalah :

Tekanan udara	= $1,027 \times 10^5$ Pa,
Diameter dalam tabung gelas	= $1,385 \pm 0,005$ cm.
Tinggi tabung	= $52,00 \pm 0,05$ cm

V. Tugas Pendahuluan

1. Buatlah rangkuman teori resonansi gas dari berbagai referensi dan turunkan Persamaan 1.

II. Tugas Akhir

1. Hitunglah γ dan sesatannya dari data yang diperoleh.
2. Buatlah grafik T^2 atau f^2 terhadap volume tabung atau tinggi tabung untuk setiap massa untuk masing-masing posisi tabung.
3. Hitunglah γ berdasarkan grafik.
4. Bandingkan hasil b dan d dengan literatur ($5/3$ untuk mono atomik). Hitung kesalahan relatifnya.

MODUL 4. TEKANAN UAP AIR DIBAWAH 100 °C PANAS MOLAR DARI PENGUAPAN

Topik Terkait:

Tekanan, temperatur, volume, penguapan, tekanan uap, persamaan Clausius-Clapeyron.

I. Tujuan Percobaan

1. Menyelidiki tekanan uap air pada temperatur 40°C sampai 85°C.
2. Melihat bahwa persamaan Clausius-Clapeyron menggambarkan hubungan antara temperatur dan tekanan dengan memadai.
3. Menyatakan nilai rata-rata untuk penguapan panas

II. Teori Dasar

Air pada tekanan normal 1013 h Pa dididihkan pada 100°C, artinya bahwa tekanan uap dari air pada 100°C adalah 1013h Pa. Tekanan uap dari air menurun dengan menurunnya temperatur T ($T = t + 273$) dan dengan nilai beberapa hekto pascal pada temperatur ruang.

Persamaan Clausius-Clayperon menjelaskan hubungan antara temperatur dan tekanan.

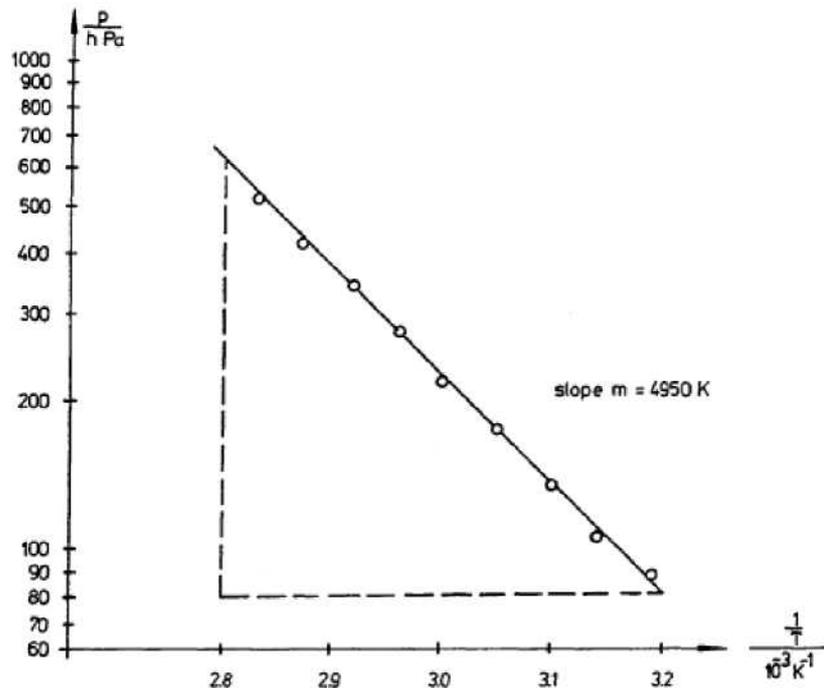
$$\ln p = \frac{\lambda}{R} \frac{1}{T} \quad (1)$$

dengan λ adalah panas molar dari penguapan dan R adalah konstanta gas

umum. Dalam eksperimen ini, p diberikan seperti dimuat dalam Persamaan

$$P = P_0 - P_{pembacaan} + P_{awal} \quad (2)$$

Gambar 1 memperlihatkan tekanan uap p yang direpresentasikan secara semilogaritmik terhadap $1/T$.



Gambar 1 Tekanan uap p yang direpresentasikan secara semilogaritmik terhadap $1/T$

Berdasarkan **Gambar 1**, terlihat gambar garis lurus yang membuktikan persamaan Clausius-Clapeyron jika X dianggap konstan. Dengan persamaan regresi linier dapat diketahui bahwa m dari garis lurus memiliki nilai

$$m = 4950 \text{ K}$$

Bila nilai konstanta umum gas adalah $8,3144 \text{ J/Mol K}$, dapat diperoleh bahwa

$$X = m \cdot R$$

$$X = 41.2 \text{ kJ}$$

dengan X adalah panas penguapan.

Hal tersebut merupakan nilai rata-rata yang baik untuk panas penguapan air. Panas penguapan dari air meningkat dengan menurunnya temperatur.

Nilai literatur untuk $T = 20^\circ\text{C}$ adalah $44,15 \text{ kJ/Mol}$ dan $40,6 \text{ kJ/Mol}$ untuk 100°C .

III. Peralatan yang Digunakan

1. Manometer 0-1.6 bar 03105.00 (1)
2. Termometer, -10...+110 C 38005.02 (2)
3. Labu tiga leher, 100 ml, 3-n., GL25/23GL1 35677.15 (1)
4. Pipa pengunci, 1-way, r.-angled, glass 36705.01 (1)
5. Pompa vakum, 02750.93 (1)
6. Magnetic stirrer w. heat., 230 V 35684.93 (1)
7. Magnetik stirer bar 30 mm, cyl. 46299.02 (2)
8. Glass tube 200 mm ext. d = 8 mm 64807.00 (1)
9. Penyambung f. GL25, 8 mm hole, 10 pcs 41242.03 (1)
10. Selang karet, vacuum, i.d. 8 mm 39288.00 (1)
11. Selang karet, i.d. 12 mm 39285.00 (1)
12. Dudukan basis - 02005.55 (1)
13. Dudukan tiang, persegi, 630 mm 02027.55 (1)
14. Penyangga tiang, l 500 mm/M10 thread 02022.05 (1)
15. Penjepit universal dengan penyambung 37716.00 (2)
16. Penjepit bersudut 02040.55 (2)
17. Beaker glass, pendek, 400 ml 36014.00 (1)
18. Air demineralisasi, 5 l 31246.81 (1)

IV. Prosedur Percobaan

1. Mendidihkan sekitar 250 ml air demineralisasi selama 10 menit untuk menghilangkan gas. Mendinginkan air sampai temperatur ruang.
2. Mengisi tiga perempat penuh labu tiga leher dengan air tanpa gas dan memanaskannya. Pada suhu 35°C, ruang di atas air dievakuasi. Pemanasan berlanjut menyebabkan naiknya tekanan p dan temperatur T di sekitar labu.
3. Membaca nilai p untuk setiap perubahan temperatur 5°C sampai maksimum $T = 85^{\circ}\text{C}$.
4. Menyusun alat eksperimen seperti **Gambar 2**. Menetapkan manometer berada sekitar 40 cm di atas labu bulat. Menghubungkan manometer dengan salah satu leher labu tiga leher.



5. Menghubungkan termometer dengan salah satu leher labu dan leher lainnya dihubungkan dengan pompa vakum.
6. Menutup labu leher tiga dari udara luar dengan sambungan. Beaker glass yang diisi air kran berperan sebagai thermo bath untuk labu tiga leher.
7. Menaikkan labu ke atas sehingga berada di atas permukaan air. Mengevakuasi ruangan di atas permukaan air.
8. Menurunkan labu lebih rendah dan memasukkan gas tanpa air. Tekanan atmosfer yang berada di sekitar labu telah stabil dan manometer dan tube secara otomatis terisi air.
9. Membaca manometer.
 $P_{reading} = P_{initial}$: Tekanan di sekitar labu sekarang adalah p_0 .
 p_0 adalah tekanan atmosfer. Dapat dibaca dari barometer standar.
10. Memanaskan air dalam labu. Pada temperatur 35 °C ruang di atas air bebas gas dievakuasi.
11. Menutup labu dan meneruskan memanaskan labu.
12. Pada temperatur 40 °C, mencatat tekanan untuk setiap perubahan temperatur

5°C. Seluruh pembacaan harus selesai dalam 15 menit untuk menghindari kesalahan yang diakibatkan oleh kebocoran.

V. Tugas Pendahuluan

1. Jelaskan mengenai *phase equilibrium* cairan/gas
2. Gambarkan diagram $p - T$ untuk air dan jelaskan mengenai *triple point* dan *critical point*.
3. Berdasarkan diagram $p - T$, jelaskan mengenai proses perubahan fase air yang dapat terjadi.
4. Turunkan persamaan Clausius Clayperon pada Persamaan (1)

VI. Tugas Akhir

1. Berdasarkan hasil percobaan, gambarkan diagram p yang direpresentasikan secara semilogaritmik terhadap $1/T$.
Analisa hasil eksperimen yang diperoleh.

MODUL 5: STUDENT PROJECT

I. Tujuan Praktikum

1. Merancang bangun alat praktikum fisika sederhana
2. Membuktikan beberapa konsep fisika

II. Alat Percobaan

Alat-alat percobaan yang digunakan adalah alat-alat yang tersedia di Lab. Fisika Eksperimen.

III. Tugas Pendahuluan

1. Konsep fisika apa yang akan dibuktikan dalam percobaan (mekanika, optik, gelombang, termodinamika dll)?
2. Alat-alat apa saja yang diperlukan untuk perancangan percobaan tersebut?

IV. Tugas Akhir

1. Gambarkan secara skematik rangkaian alat percobaan yang telah dirancang dan jelaskan komponen-komponen rangkain alat tersebut
2. Buatlah prosedur kerja penggunaan alat.
3. Jelaskan konsep fisika yang mendasari percobaan yang dirangkai